

明 細 書

現像方法及び現像装置

技術分野

- [0001] 本発明は、電子写真方式の画像形成装置に適用され、磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを画像形成装置に供給しつつ、現像剤のトナー濃度を制御するための現像方法、及び現像装置に関する。

背景技術

- [0002] この種の従来の現像装置としては、例えば特許文献1に開示されているものがある。この現像装置は、図13に示す様にホッパー101と、現像器102とによって構成される。トナー103は、ホッパー101内に収納されており、トナー補給ローラ104の回転によりトナー103が補給口105から現像器102へと供給される。現像器102内の現像剤106は、磁性体キャリアとトナーを混合したものである。攪拌羽107の回転により磁性体キャリアとトナーが攪拌されて摩擦帯電し、これらに電荷が付与される。マグネットローラ108は、棒状のマグネットを固定し、このマグネット周りに非磁性体(例えばアルミ)のスリーブ108aを回転自在に支持したものである。スリーブ108aが回転しながら、マグネットの磁力により現像剤がスリーブ108a外周に吸着され、スリーブ108aの回転により現像剤が感光体(図示せず)へと搬送される。ドクターブレード109は、その先端でスリーブ108a外周の現像剤層の厚みを規制する。
- [0003] スリーブ108a外周の現像剤層のトナーは、攪拌羽107の攪拌により摩擦帯電されるに際し、感光体表面の静電潜像とは逆極性に帯電されることから、感光体表面の静電潜像に付着する。これにより感光体表面の静電潜像が可視像となる。
- [0004] 一方、現像剤106の搬送量が多いと、その余剰分がトナー濃度センサ110とガイド板111の折曲部111a間に流れ、ガイド板111上面を滑り落ち、攪拌羽107へと戻される。
- [0005] 更に、トナー濃度センサ110は、現像剤のトナー濃度を検出する。感光体への現像剤中のトナーの供給に伴い、現像剤のトナー濃度が低下する。このため、トナー濃度センサ110により検出されるトナー濃度が規定の範囲に収まる様に、トナー補給ロー

ラ104によりトナー103をホッパー101から現像器102へと供給する。

[0006] ところが、実際のトナー濃度の測定が正確に行なわれたとしても、トナー濃度の規定の範囲に誤差があると、現像剤のトナー濃度が常に不適格になり、画像のカスレやカブレ等が発生する。

[0007] このため、例えば特許文献2では、磁性体キャリア表面に対するトナーの被覆率を T_n とすると、被覆率 T_n を次式に定義した上で、被覆率 T_n が130(%)以下となる様にトナー濃度を設定している。換言すれば、被覆率 T_n が130(%)となるトナー濃度の規定の範囲を設定して、現像剤のトナー濃度が規定の範囲に収まる様にしている。

[0008]
$$T_n = 100C\sqrt{3} / \{2\pi(100-C) \cdot (1+r/R)^2\} \cdot (r/R) \cdot (\rho_t / \rho_c)$$
但し、 r はトナーの半径(μm)、 R は磁性体キャリアの半径(μm)、 ρ_t はトナーの真比重(g/cm^3)、 ρ_c は磁性体キャリアの真比重(g/cm^3)である。

[0009] 尚、他の特許文献にも、トナーの径及び磁性体キャリアの径を用いて、トナー濃度の規定の範囲を設定するという技術が開示されている。

特許文献1:特開平1-237577号公報

特許文献2:特開平10-312105号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0010] ところで、トナーの径及び磁性体キャリアの径には、平均的な値が用いられる。トナーの平均的な径及び磁性体キャリアの平均的な径の規定方法としては、個数平均径、平均体積径、個数メディアン径、及び体積メディアン径等ある(JIS8819-2、JIS8101-1等を参照)。

[0011] しかしながら、本願発明の発明者等による検討の結果、同一のトナーもしくは磁性体キャリアについて、個数平均径、平均体積径、個数メディアン径、及び体積メディアン径をそれぞれの手順で求めたならば、同一のトナーもしくは磁性体キャリアでありながら、それぞれの径が異なることが分かった。

[0012] 従って、従来のようにトナーの平均的な径及び磁性体キャリアの平均的な径を用いて、トナー濃度の規定の範囲を設定したとしても、この規定の範囲が必ずしも正確な

ものであるとは言えないため、トナー濃度の適格な制御の再現性に問題がある。

- [0013] そこで、本発明は、上記従来の問題点に鑑みてなされたものであり、目標となるトナー濃度の規定の範囲を正確に設定して、トナー濃度を常に適格に制御することが可能な現像方法及び現像装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0014] 上記課題を解決するために、本発明の現像方法は、磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しつつ、現像剤のトナー濃度TD(%)を測定し、測定されたトナー濃度TD(%)の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する現像方法において、磁性体キャリアの個数平均直径をDcav__pop(μm)とし、トナーの個数平均直径をDtav__pop(μm)とし、磁性体キャリア比重をγcとし、トナー比重をγtとすると、測定されたトナー濃度TD(%)が次式(1)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給している。

$$[0015] \quad TD \leq \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100 \quad \dots (1)$$

$$\text{但し、} V_t = (\pi / 6) \cdot (Dtav_pop)^3$$

$$Sc = \pi \cdot (Dcav_pop + Dtav_pop)^2$$

$$N_t = Sc / [(3^{0.5} / 2) \cdot (Dtav_pop)^2] / 2$$

$$V_c = (\pi / 6) \cdot (Dcav_pop)^3$$

また、本発明の現像方法は、磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しつつ、現像剤のトナー濃度TD(%)を測定し、測定されたトナー濃度TD(%)の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する現像方法において、磁性体キャリアの平均体積直径をDcav__vol(μm)とし、トナーの平均体積直径をDtav__vol(μm)とし、磁性体キャリア比重をγcとし、トナー比重をγtとすると、測定されたトナー濃度TD(%)が次式(2)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給している。

$$[0016] \quad TD \leq \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100 \quad \dots (2)$$

$$\text{但し、} V_t = (\pi / 6) \cdot (Dtav_vol)^3$$

$$Sc = \pi \cdot (Dcav_vol + Dtav_vol)^2$$

$$N_t = Sc / [(3^{0.5} / 2) \cdot (Dtav_vol)^2] / 2$$

$$V_c = (\pi / 6) \cdot (D_{cav_vol})^3$$

また、本発明の現像方法は、磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しつつ、現像剤のトナー濃度TD(%)を測定し、測定されたトナー濃度TD(%)の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する現像方法において、磁性体キャリアの平均体積直径 $D_{cav_vol}(\mu m)$ とし、トナーの平均体積直径を $5.5(\mu m)$ とすると、測定されたトナー濃度TD(%)が次式(3)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給している。

$$[0017] \quad TD \leq [5.1(D_{cav_vol})^{-1.17}] \times 100 \quad \dots (3)$$

また、本発明の現像方法は、磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しつつ、現像剤のトナー濃度TD(%)を測定し、測定されたトナー濃度TD(%)の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する現像方法において、磁性体キャリアの平均体積直径を $D_{cav_vol}(\mu m)$ とし、トナーの平均体積直径を $D_{tav_vol}(\mu m)$ とすると、測定されたトナー濃度TD(%)が次式(4)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給している。

$$[0018] \quad TD / (D_{tav_vol})^{1.2} \leq [5.1(D_{cav_vol})^{-1.17} / 5.5^{1.2}] \times 100 \quad \dots (4)$$

そして、このような本発明においては、トナーは、粉碎法により製造されたトナーであることが好ましい。

[0019] あるいは、トナーの直径分布の標準偏差 σ が15(%)以上であることが好ましい。

[0020] 更に、トナーの顔料濃度が5(%)以上であることが好ましい。

[0021] 一方、本発明の現像装置は、磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しており、現像剤のトナー濃度TD(%)を測定する検出手段と、測定されたトナー濃度TD(%)の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する補給手段とを備える現像装置において、補給手段は、磁性体キャリアの個数平均直径を $D_{cav_pop}(\mu m)$ とし、トナーの個数平均直径を $D_{tav_pop}(\mu m)$ とし、磁性体キャリア比重を γ_c とし、トナー比重を γ_t とすると、測定されたトナー濃度TD(%)が次式(1)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給している。

$$[0022] \quad TD \leq \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100 \quad \dots (1)$$

$$\text{但し、} V_t = (\pi / 6) \cdot (D_{tav_pop})^3$$

$$S_c = \pi \cdot (D_{cav_pop} + D_{tav_pop})^2$$

$$N_t = S_c / [(3^{0.5} / 2) \cdot (D_{tav_pop})^2] / 2$$

$$V_c = (\pi / 6) \cdot (D_{cav_pop})^3$$

また、本発明の現像装置は、磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しており、現像剤のトナー濃度TD(%)を測定する検出手段と、測定されたトナー濃度TD(%)の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する補給手段とを備える現像装置において、補給手段は、磁性体キャリアの平均体積直径を $D_{cav_vol}(\mu m)$ とし、トナーの平均体積直径を $D_{tav_vol}(\mu m)$ とし、磁性体キャリア比重を γ_c とし、トナー比重を γ_t とすると、測定されたトナー濃度TD(%)が次式(2)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給している。

$$[0023] \quad TD \leq \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100 \quad \dots (2)$$

$$\text{但し、} V_t = (\pi / 6) \cdot (D_{tav_vol})^3$$

$$S_c = \pi \cdot (D_{cav_vol} + D_{tav_vol})^2$$

$$N_t = S_c / [(3^{0.5} / 2) \cdot (D_{tav_vol})^2] / 2$$

$$V_c = (\pi / 6) \cdot (D_{cav_vol})^3$$

発明の効果

[0024] 本発明の現像方法における上記式(1)又は(2)は、理論上の適確なトナー濃度を導出するためのものである。本願発明の発明者等による実験の結果、磁性体キャリアの個数平均直径 $D_{cav_pop}(\mu m)$ 及びトナーの個数平均直径 $D_{tav_pop}(\mu m)$ 、又は磁性体キャリアの平均体積直径 $D_{cav_vol}(\mu m)$ 及びトナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}(\mu m)$ を用い、上記式(1)又は(2)の右項に基づいて、適確なトナー濃度の上限値($TD100\% = \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100$)を求めると、この求められた適確なトナー濃度の上限値が実際の適確なトナー濃度の上限値に略一致することが分かった。従って、本発明の様に磁性体キャリアの個数平均直径 $D_{cav_pop}(\mu m)$ 及びトナーの個数平均直径 $D_{tav_pop}(\mu m)$ を用いるか、あるいは磁性体キャリアの平均体積直径 $D_{cav_vol}(\mu m)$ 及びトナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}(\mu m)$ を用い、上記式(1)又は(2)に基づいて、測定されたトナー濃度TD(%)を収めるべき規定の範囲を設定すれば、この規定の範囲を正確に設定することができ、トナー濃

度を常に適格に制御することが可能になる。これにより、画像のカスレやカブレ等の発生が防止される。

- [0025] また、磁性体キャリアの平均体積直径 $D_{cav_vol}(\mu m)$ 、及びトナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}(\mu m)$ を用いる場合は、トナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}(\mu m)$ を $5.5(\mu m)$ に特定すると、上記式(1)もしくは(2)よりも簡単な上記式(3)に基づいて、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ を収めるべき規定の範囲を設定することができる。
- [0026] 更に、トナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}(\mu m)$ が $5.5(\mu m)$ 近傍である場合は、磁性体キャリアの平均体積直径 $D_{cav_vol}(\mu m)$ 、及びトナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}(\mu m)$ を用い、上記式(1)もしくは(2)よりも簡単な上記式(4)に基づいて、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ を収めるべき規定の範囲を設定することができる。
- [0027] また、粉砕法により製造されたトナーである場合は、トナーの直径の分布がブロードとなり、個数平均径、平均体積径、個数メディアン径、及び体積メディアン径等のバラツキが大きくなる。具体的には、実際のトナーの平均直径に対する個数メディアン径及び体積メディアン径の誤差が大きく、実際のトナーの平均直径に対するトナーの個数平均直径 $D_{tav_pop}(\mu m)$ 又はトナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}(\mu m)$ の誤差が小さい。このため、本発明がより有効になる。
- [0028] あるいは、トナーの直径分布の標準偏差 σ が $15(\%)$ 以上である場合は、トナーの直径の分布がブロードであるといえ、個数平均径、平均体積径、個数メディアン径、及び体積メディアン径等のバラツキが大きくなるため、トナーの個数平均直径 $D_{tav_pop}(\mu m)$ 又はトナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}(\mu m)$ を用いる本発明が有効になる。
- [0029] また、トナーの顔料濃度が $5(\%)$ 以上である場合は、顔料濃度が $5(\%)$ 未満と比較すると、トナーの付着量が同じであっても、カブリが顕著になるので、本発明が有効になる。
- [0030] 尚、本発明の現像装置においても、本発明の現像方法と同様の作用及び効果を達成することができる。

図面の簡単な説明

- [0031] [図1]本発明の現像装置の実施例を示す側面図である。

[図2]図1の現像装置におけるトナー濃度センサの構成を例示するブロック図である。

[図3]磁性体キャリアにトナーが付着した状態を模式的に示す図である。

[図4](a)、(b)、(c)は、それぞれトナー濃度 $TD=4(\%)$ のときの画像のカブリ程度BG、トナー濃度 $TD=5(\%)$ のときの画像のカブリ程度BG、及びトナー濃度 $TD=6(\%)$ のときの画像のカブリ程度BGを示すグラフである。

[図5](a)、(b)、(c)、(d)は、それぞれトナー濃度 $TD=4(\%)$ のときのトナーの帯電量 q/m の分布、トナー濃度 $TD=5(\%)$ のときのトナーの帯電量 q/m の分布、トナー濃度 $TD=6(\%)$ のときのトナーの帯電量 q/m の分布、及びトナー濃度 $TD=5.6(\%)$ のときのトナーの帯電量 q/m の分布を示すグラフである。

[図6]トナー濃度に対するカブリ程度BG、画像濃度IDbk、余剰トナーの率を実測により示す図表である。

[図7]磁性体キャリアの平均体積直径 D_{cav_vol} 、個数平均直径 D_{cav_pop} 、体積メディアン直径 D_{c50_vol} 、及び体積メディアン直径 D_{c50_vol} と、トナーの平均体積直径 D_{tav_vol} 、個数平均直径 D_{tav_pop} 、体積メディアン直径 D_{t50_vol} 、及び個数メディアン直径 D_{t50_vol} との多様な組み合わせ別に、適確なトナー濃度の上限値 $TD100\%$ を算出して示す図表である。

[図8]磁性体キャリアの直径に対する体積頻度を実測により示すグラフである。

[図9]トナーの直径に対する体積頻度を実測により示すグラフである。

[図10]標準偏差 S_{vol} に対する体積メディアン直径 D_{50_vol} と個数メディアン直径 D_{50_pop} の比の特性を示すグラフである。

[図11]4種類のトナー別に、磁性体キャリアの平均体積直径 D_{cav_vol} に対する適確なトナー濃度の上限値 $TD100\%$ の特性を示すグラフである。

[図12]図11の4種類のトナーの特性を正規化した曲線を示すグラフである。

[図13]従来の現像装置を示す側面図である。

符号の説明

- [0032] 1 現像装置
- 2 中間ホッパー
- 3 トナーボトル

- 4 攪拌部材
- 5 可撓性帯状部材
- 6 被検出体
- 7 静電容量センサ
- 8 感光体ドラム
- 11 攪拌ローラ
- 12 マグネットローラ
- 13 第2規制部材
- 14 第1規制部材
- 15 還流口
- 16 トナー濃度センサ

発明を実施するための最良の形態

[0033] 以下、本発明の実施形態を添付図面を参照しつつ詳細に説明する。

実施例

[0034] 図1は、本発明の現像装置の実施例を示す側面図である。本実施例の現像装置1は、電子写真方式の画像形成装置に内蔵されるものであり、現像装置1が中間ホッパー2に連結され、中間ホッパー2がトナーボトル3に連結されている。

[0035] トナーボトル3は、トナーを収容しており、トナー補給路3a、2aを通じて中間ホッパー2へとトナーを少しずつ補給したり、トナーの補給を停止することができる。

[0036] 中間ホッパー2は、トナーをトナーボトル3から供給されて一時的に貯え、トナーをトナー補給路2b、1aを通じて現像装置1に供給する。この中間ホッパー2では、攪拌部材4を回転させて、該中間ホッパー2内のトナーを攪拌し、補給ローラ5、5を回転させて、該中間ホッパー2内のトナーをトナー補給路2b、1a側に移動させている。また、可撓性帯状部材5は、攪拌部材4の一端に連結され、その先端に被検出体6を固定支持している。更に、静電容量センサ7は、中間ホッパー2底に固定されており、該静電容量センサ7と可撓性帯状部材5先端の被検出体6間の静電容量を検出する。

[0037] ここで、中間ホッパー2内のトナーが減少した状態では、可撓性帯状部材5先端近傍がトナー表面上で滑って行き、被検出体6もトナー表面上で滑って移動する。そし

て、中間ホッパー2内のトナーの減少に伴い、トナー表面の高さが低下すると、トナー表面で滑って移動する被検出体6の位置も徐々に低下して、トナー表面で滑る被検出体6と静電容量センサ7間の離間距離が短くなる。そこで、被検出体6が静電容量センサ7直上で移動するタイミングで、静電容量センサ7により該静電容量センサ7と被検出体6間の静電容量を検出し、この静電容量に対応する静電容量センサ7と被検出体6間の離間距離を求め、この離間距離に対応するトナーの残量を求める。そして、このトナーの残量の減少に応じて、トナーボトル3から中間ホッパー2へのトナー補給を行ったり、トナーボトルの交換を促す旨を報知する。

- [0038] 現像装置1は、磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤をそのケース1a内に収容し、現像剤中のトナーを画像形成装置の感光体ドラム8に供給して、感光体ドラム8表面の静電潜像を現像し、感光体ドラム8表面に可視像を形成するものである。この現像装置1では、攪拌ローラ11を回転させて、現像剤を攪拌し、この攪拌により磁性体キャリアとトナーを摩擦帯電して、磁性体キャリアとトナーに電荷を付与する。
- [0039] マグネットローラ12は、棒状の多極着磁のマグネット12bを固定し、多極着磁のマグネット12b周りに非磁性体(例えばアルミ)のスリーブ12aを回転自在に支持したものであり、スリーブ12aが回転されつつ、マグネットの磁力により現像剤がスリーブ12a外周に吸着される。スリーブ12aの回転に伴い、第2規制部材13の先端13aによりスリーブ12a外周の現像剤の層厚が規制され、更に第1規制部材14によりスリーブ12a外周の現像剤の層厚が再度規制されてから、スリーブ12a外周の現像剤層が感光体ドラム8表面へと搬送されて接近する。
- [0040] スリーブ12a外周の現像剤層のトナーは、攪拌ローラ11の攪拌により摩擦帯電されるに際し、感光体ドラム8表面の静電潜像とは逆極性に帯電される。このため、スリーブ12a外周の現像剤層が感光体ドラム8表面に接近したときに、現像剤層のトナーが感光体ドラム8表面の静電潜像に付着し、この静電潜像が可視像となる。
- [0041] また、第1規制部材14の層圧規制により余剰の現像剤が生じる。この余剰の現像剤は、還流口15へと流れ、第2規制部材13の背面13bを滑り落ちて攪拌ローラ11側に戻される。
- [0042] 現像装置1のケース1a底には、周知のトナー濃度センサ16が設けられている。この

トナー濃度センサ16は、例えば透磁率センサであり、現像剤の透磁率に対応するトナー濃度を検出する。現像剤は、非磁性体のトナーを磁性体キャリアに混合したものである。このため、現像剤の単位体積当たりのトナー量が多くなると、単位体積当たりの磁性体キャリア量が少なくなり、現像剤の磁気抵抗が大きくなる。逆に、単位体積当たりのトナー量が少なくなると、単位体積当たりの磁性体キャリア量が多くなり、現像剤の磁気抵抗が小さくなる。トナー濃度センサ16は、その様な現像剤の磁気抵抗を検出し、この磁気抵抗に対応する単位体積当たりトナーの量、つまりトナー濃度を検出する。

- [0043] 図2は、トナー濃度センサ16の構成を例示するブロック図である。ここでは、差動トランス21、交流電源22、位相比較回路23、及び平滑回路24を備えている。
- [0044] 差動トランス21は、一次コイル25、及び二次側の直列接続された基準コイル26と検知コイル27を備えており、交流電源22からの交流電圧が一次コイル25に印加される。また、基準コイル26と検知コイル27は、略同一の巻数であって、かつ逆極性となっている。
- [0045] 一次コイル25と検知コイル27は、ケース1a内の現像剤の近傍に配置される。このため、現像剤が一次コイル25と検知コイル27の磁心として作用し、現像剤の磁気抵抗により該各コイル25、27のインダクタンスが決まり、検知コイル27の電圧信号が決まる。従って、検知コイル27の電圧信号は、現像剤のトナー濃度に対応する。
- [0046] 位相比較回路23は、一次コイル25の電圧信号と検知コイル27の電圧信号とを入力し、これらの電圧信号の排他的論理和を求めて、この排他的論理和を示す信号を出力する。平滑回路24は、この排他的論理和を示す信号を入力すると、この排他的論理和を示す信号を平滑化して、直流電圧 V_T を出力する。この直流電圧 V_T は、トナー濃度を示しており、トナー濃度センサ16の検出出力として出力される。
- [0047] ケース1a内の現像剤のトナー濃度については、目標となる規定の範囲を予め設定しており、トナー濃度センサ16により検出されたケース1a内の現像剤のトナー濃度が規定の範囲に収まる様に、現像装置1の補給ローラ17を回転させて、中間ホッパー2からトナー補給路2b、1aを通じて現像装置1のケース1aへと、トナーを補給する。
- [0048] さて、この様な現像装置1においては、実際のトナー濃度の測定が正確に行なわれ

たとしても、目標となるトナー濃度の規定の範囲に誤差があると、現像剤のトナー濃度が常に不適格になり、画像のカスレやカブレ等が発生する。また、先に述べた様に従来よりトナーの平均的な径及び磁性体キャリアの平均的な径を用いて、目標となるトナー濃度の規定の範囲を設定することが行われているものの、トナーの平均的な径及び磁性体キャリアの平均的な径に誤差があれば、目標となる規定の範囲が正確に設定されず、トナー濃度の適格な制御の再現が保証されない。

[0049] そこで、本実施例では、磁性体キャリアの平均体積直径を D_{cav_vol} (μm)とし、トナーの平均体積直径を D_{tav_vol} (μm)とし、磁性体キャリア比重を γ_c とし、トナー比重を γ_t とすると、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ が次式(2)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給している。

$$[0050] \quad TD \leq \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100 \quad \dots (2)$$

$$\text{但し、} V_t (\text{トナー体積}) = (\pi / 6) \cdot (D_{tav_vol})^3$$

$$S_c (\text{磁性体キャリア表面積}) = \pi \cdot (D_{cav_vol} + D_{tav_vol})^2$$

$$N_t (\text{線密個数}) = S_c / [(3^{0.5} / 2) \cdot (D_{tav_vol})^2] / 2$$

$$V_c (\text{磁性体キャリア体積}) = (\pi / 6) \cdot (D_{cav_vol})^3$$

磁性体キャリアの平均体積直径 D_{cav_vol} (μm) 及びトナーの平均体積直径 D_{tav_vol} (μm)を用い、上記式(2)に基づいて、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ を収めるべき規定の範囲を設定すれば、この目標となる規定の範囲を正確に設定することができ、トナー濃度を常に適格に制御することが可能になる。これにより、画像のカスレやカブレ等の発生が防止される。

[0051] 次に、この様な目標となるトナー濃度の規定の範囲が正確である理由を説明する。

[0052] まず、図3に示す様に磁性体キャリア c が大球形であって、トナー t が小球形であるとすると、多数のトナー t が磁性体キャリア c 表面に付着して、磁性体キャリア c 表面が完全に被われ、それ以上のトナーの付着余地が磁性体キャリア c 表面になく、かつ磁性体キャリア c 表面に付着していない余剰のトナーがないときに、適確なトナー濃度の上限値 $TD100\%$ が設定されているものとする。

[0053] 図3の状態では、磁性体キャリアの平均体積直径を D_{cav_vol} (μm)とし、トナーの平均体積直径を D_{tav_vol} (μm)とし、磁性体キャリア比重を γ_c とし、トナー比重を

γ_t とすると、理論上、次式(5)により適確なトナー濃度の上限値TD100%を算出することができる。

$$[0054] \quad TD100\% = \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100 \quad \dots (5)$$

上記式(2)の右項と上記式(5)の右項は同じである。従って、上記式(2)は、測定されたトナー濃度TD(%)を上記式(5)の適確なトナー濃度の上限値TD100%以下に保ちながら、トナー濃度TD(%)を上限値TD100%に常に近づけることを示唆している。

[0055] 仮に、余剰のトナーtがあると、測定されたトナー濃度TD(%)が上記式(2)の規定の範囲から外れる。この場合は、余剰のトナーtがマグネットローラ12から感光体ドラム8へと供給されて、画像のカブリが生じる。

[0056] 一方、平均体積直径Dcav_vol=45(μ m)かつ比重 $\gamma_c \approx 5$ の磁性体キャリアと、平均体積直径Dtav_vol=5.5(μ m)かつ比重 $\gamma_t \approx 1$ のトナーとを混合した現像剤を用い、磁性体キャリアとトナーの混合段階で、磁性体キャリアの量とトナーの量を適宜に調節して、多様なトナー濃度TD(%)の現像剤を生成し、これらの現像剤を用いて、それぞれの画像を形成し、これらの画像のカブリを調べてみたところ、図4(a)、(b)、(c)のグラフに示す様な結果を得た。

[0057] 図4(a)、(b)、(c)は、トナー濃度TD=4(%)のときの画像のカブリ程度BG、トナー濃度TD=5(%)のときの画像のカブリ程度BG、及びトナー濃度TD=6(%)のときの画像のカブリ程度BGを示すそれぞれのグラフである。尚、これらのグラフにおいて、横軸は画像の印字枚数を示し、縦軸は画像のカブリ程度BGを示す。また、F、C、Rの特性曲線は、画像フロントでのカブリ程度BG、画像センターでのカブリ程度BG、画像リアでのカブリ程度をそれぞれ示している。

[0058] 図4(a)、(b)、(c)のグラフの比較から明らかな様に、少なくともトナー濃度TD=5(%)までは画像のカブリ程度BGが小さく、トナー濃度TD=6(%)になると画像のカブリ程度BGが大きくなる。従って、適確なトナー濃度の上限値TD100%は、5(%)〜6(%)の範囲にあるということになる。

[0059] 図5(a)、(b)、(c)は、図4(a)、(b)、(c)にそれぞれ対応しており、トナー濃度TD=4(%)のときのトナーの帯電量q/mの分布、トナー濃度TD=5(%)のときのトナ

一の帯電量 q/m の分布、及びトナー濃度 $TD=6(\%)$ のときのトナーの帯電量 q/m の分布を示すそれぞれのグラフである。尚、これらのグラフにおいて、横軸はトナーの帯電量 q/m を示し、縦軸はトナーの個数を示している。

- [0060] 図5(a)、(b)、(c)のグラフの比較から明らかな様に、少なくともトナー濃度 $TD=5(\%)$ までは殆どのトナーが正常に帯電し、トナー濃度 $TD=6(\%)$ になると逆極性(+)に帯電したトナーが多くなる。これは、少なくともトナー濃度 $TD=5(\%)$ までは余剰のトナーがなくて、磁性体キャリアとトナーの摩擦帯電によりトナーが正常に帯電されるのに対し、トナー濃度 $TD=6(\%)$ では余剰のトナーが生じて、トナー同士の摩擦帯電によりトナーが逆極性に帯電されるからである。
- [0061] 従って、図3に示す様に多数のトナー t が磁性体キャリア c 表面に付着して、磁性体キャリア c 表面が完全に被われ、かつ磁性体キャリア c 表面に付着していない余剰のトナーがないときに適確なトナー濃度の上限値 $TD100\%$ が設定されていると言え、余剰のトナーがあるときに、カブリが発生するということになる。
- [0062] 更に、ここでは、グラフに示していないが、磁性体キャリアとトナーの混合段階で、磁性体キャリアの量とトナーの量を適宜に調節して、トナー濃度 $TD=5.1(\%)$ ～ $5.9(\%)$ まで、 $0.1(\%)$ ずつ変更し、その度に、画像のカブリ程度 BG を調べてみた。この結果、適確なトナー濃度の上限値 $TD100\%$ が $5.6(\%)$ であることが分かった。
- [0063] 図5(d)は、トナー濃度 $TD=5.6(\%)$ のときのトナーの帯電量 q/m の分布を示すグラフである。このグラフから明らかな様に、トナー濃度 $TD=5.6(\%)$ では殆どのトナーが正常に帯電され、余剰のトナーが殆どない。
- [0064] 図6は、トナー濃度に対するカブリ程度 BG 、画像濃度 $IDbk$ 、余剰トナーの率を実測により示す図表である。この図表からも明らかな様に、トナー濃度 $TD=5.6(\%)$ までは、カブリ程度 BG が小さくて、余剰のトナーがなく、トナー濃度 $TD=6.0(\%)$ では、カブリ程度 BG が大きくて、余剰のトナーが生じている。
- [0065] この様に平均体積直径 $D_{cav_vol}=45(\mu m)$ かつ比重 $\gamma_c \approx 5$ の磁性体キャリアと、平均体積直径 $D_{tav_vol}=5.5(\mu m)$ かつ比重 $\gamma_t \approx 1$ のトナーとを混合した現像剤を用いる場合は、適確なトナー濃度の上限値 $TD100\%$ が $5.6(\%)$ であることが分かった。

[0066] そこで、上記式(2)の右項に、磁性体キャリアの平均体積直径 $D_{cav_vol}=45(\mu m)$ 、トナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}=5.5(\mu m)$ 、トナー比重 $\gamma_t=1$ 、磁性体キャリア比重 $\gamma_c=5$ を代入し、適確なトナー濃度の上限値 TD_{ma} を算出すると、5.6(%)が得られ、実験により求められた適確なトナー濃度の上限値 $TD_{100\%}$ と上記式(2)から算出された適確なトナー濃度の上限値 $TD_{100\%}$ が一致する。従って、磁性体キャリアの平均体積直径 D_{cav_vol} 、及びトナーの平均体積直径 D_{tav_vol} を用いれば、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ を収めるべき規定の範囲を正確に設定することができ、トナー濃度を常に適格に制御することが可能になる。

[0067] ところで、先に述べた様に粒子の平均的な径の規定方法としては、平均体積径の他に、個数平均径、個数メディアン径、及び体積メディアン径等あるものの、同一のトナーもしくは磁性体キャリアであっても、相互に異なるそれぞれの径が規定される。

[0068] 例えば、磁性体キャリアの平均体積直径 $D_{cav_vol}=45(\mu m)$ 、トナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}=5.5(\mu m)$ のときには、磁性体キャリアの個数平均直径 $D_{cav_pop}(\mu m)=42(\mu m)$ 、トナーの個数平均直径 $D_{tav_pop}=4.8(\mu m)$ となる。

[0069] ここで、個数平均径を用いる場合も、平均体積径と同様の理論で、磁性体キャリアの個数平均直径を $D_{cav_pop}(\mu m)$ とし、トナーの個数平均直径を $D_{tav_pop}(\mu m)$ とし、磁性体キャリア比重を γ_c とし、トナー比重を γ_t とすると、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ が次式(1)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給すれば良い。

$$[0070] \quad TD \leq \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100 \quad \dots (1)$$

$$\text{但し、} V_t = (\pi/6) \cdot (D_{tav_pop})^3$$

$$S_c = \pi \cdot (D_{cav_pop} + D_{tav_pop})^2$$

$$N_t = S_c / [(3^{0.5}/2) \cdot (D_{tav_pop})^2] / 2$$

$$V_c = (\pi/6) \cdot (D_{cav_pop})^3$$

そこで、上記式(1)の右項に、磁性体キャリアの個数平均直径 $D_{cav_pop}=42(\mu m)$ 、トナーの個数平均直径 $D_{tav_pop}=4.8(\mu m)$ 、トナー比重 $\gamma_t=1$ 、磁性体キャリア比重 $\gamma_c=5$ を代入し、適確なトナー濃度の上限値 TD_{ma} を算出すると、5.5(%)が得られ、実験により求められた適確なトナー濃度の上限値 $TD_{100\%}$ と上記式(

1)から算出された適確なトナー濃度の上限値TD100%が略一致する。

[0071] 従って、平均体積直径だけではなく、個数平均径を用いても、測定されたトナー濃度TD(%)を収めるべき規定の範囲を正確に設定することができ、トナー濃度を常に適格に制御することが可能になる。

[0072] これに対して磁性体キャリアの平均体積直径 $D_{cav_vol}=45(\mu m)$ 、トナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}=5.5(\mu m)$ のときには、磁性体キャリアの体積メディアン直径 $D_{c50_vol}=48(\mu m)$ 、トナーの個数メディアン直径 $D_{t50_vol}=6.7(\mu m)$ となる。そして、上記式(2)の右項に、平均体積直径 D_{cav_vol} 及び平均体積直径 D_{tav_vol} の代わりに、体積メディアン直径 $D_{c50_vol}=48(\mu m)$ 及びトナーの個数メディアン直径 $D_{t50_vol}=6.7(\mu m)$ を代入して、適確なトナー濃度の上限値TD_{ma}を算出すると、6.6(%)が得られる。ところが、この算出された6.6(%)が実験により求められた適確なトナー濃度の上限値TD100%=5.6(%)から大きく外れる。

[0073] 同様に、磁性体キャリアの個数メディアン直径 $D_{c50_pop}=40(\mu m)$ 、トナーの個数メディアン直径 $D_{t50_pop}=4.4(\mu m)$ となり、上記式(1)の右項に、個数平均直径 $D_{cav_pop}(\mu m)$ 及び個数平均直径 $D_{tav_pop}(\mu m)$ の代わりに、個数メディアン直径 $D_{c50_pop}=40(\mu m)$ 及び個数メディアン直径 $D_{t50_pop}=4.4(\mu m)$ を代入して、適確なトナー濃度の上限値TD_{ma}を算出すると、5.0(%)が得られる。ところが、この算出された5.0(%)が実験により求められた適確なトナー濃度の上限値TD100%=5.6(%)から大きく外れる。

[0074] 従って、このように個数メディアン径や体積メディアン径を用いても、測定されたトナー濃度TD(%)を収めるべき規定の範囲を正確に設定することができず、トナー濃度を常に適格に制御することができない。

[0075] 図7は、磁性体キャリアの平均体積直径 D_{cav_vol} 、個数平均直径 D_{cav_pop} 、体積メディアン直径 D_{c50_vol} 、及び体積メディアン直径 D_{c50_vol} と、トナーの平均体積直径 D_{tav_vol} 、個数平均直径 D_{tav_pop} 、体積メディアン直径 D_{t50_vol} 、及び個数メディアン直径 D_{t50_vol} との多様な組み合わせ別に、適確なトナー濃度の上限値TD100%を算出して示す図表である。この図表からも明らかな様に、磁性体キャリアの平均体積直径 D_{cav_vol} とトナーの平均体積直径 D_{tav_vol} の組み合わせ

せ、磁性体キャリアの個数平均直径 D_{cav_pop} とトナーの個数平均直径 D_{tav_pop} の組み合わせでは、算出された適確なトナー濃度の上限値 $TD100\%$ が実験により求められた適確なトナー濃度の上限値 $TD100\% = 5.6(\%)$ に整合し、他の組み合わせでは、整合しない。

[0076] 次に、平均体積径、個数平均径、個数メディアン径、及び体積メディアン径の精度を別の観点から調べてみたので、その結果を述べる。

[0077] まず、 n 個目の粒子について、 i 個目の粒子の直径を d_i とし、平均体積直径を D_{av_vol} とすると、平均体積直径 D_{av_vol} は次式(6)で定義される。同様に、 n 個目の粒子について、 i 個目の粒子の直径を d_i とし、個数平均直径を D_{av_pop} とすると、個数平均直径 D_{av_pop} は次式(7)で定義される。

[0078] [数1]

$$\text{平均体積径} \quad D_{av_vol} = \left[\sum_{i=1}^n v_i / n \right]^{(1/3)} \quad \dots \quad (6)$$

$$\text{但し} \quad v_i = [d_i]^3$$

$$\text{個数平均径} \quad D_{av_pop} = \sum_{i=1}^n d_i / n \quad \dots \quad (7)$$

[0079] 従って、平均体積直径 D_{av_vol} 及び個数平均直径 D_{av_pop} は正規分布すると考えられる。

[0080] 一方、図8は磁性体キャリアの直径に対する体積頻度を実測により示すグラフであり、図9はトナーの直径に対する体積頻度を実測により示すグラフである。図8及び図9から明らかな様に、いずれの特性も正規分布(図9のグラフに実線で示す)に極めて近似している。このことから、トナーの直径の分布がブロードであっても、磁性体キャリアの平均体積直径 D_{cav_vol} 及びトナーの平均体積直径 D_{tav_vol} の誤差が小さいと言える。

[0081] ここでは、グラフに示していないが、磁性体キャリアの直径に対する個数頻度、及びトナーの直径に対する個数頻度も正規分布に極めて近似している。従って、磁性体キャリアの個数平均直径 D_{cav_pop} 及びトナーの個数平均直径 D_{tav_pop} の誤差も

小さいと言える。

[0082] これに対して体積メディアン直径をD50__volとすると、体積メディアン直径D50__volは次式(8)で定義される。同様に、個数メディアン直径をD50__popとすると、個数メディアン直径D50__popは次式(9)で定義される。また、体積メディアン直径D50__volの標準偏差Svol及び個数メディアン直径D50__popの標準偏差Spopは、次式(10)及び(11)で定義される。

[0083] [数2]

体積メディアン径 D50__vol 累積体積頻度が 50% となる時の
(全個数=100%) . . . (8)

個数メディアン径 D50__pop 累積個数頻度が 50% となる時の
(全個数=100%) . . . (9)

体積標準偏差 Svol = SS/D50__vol . . . (10)

個数標準偏差 Spop = SS/D50__pop . . . (11)

$$\text{但し} \quad SS = \left\{ \left[1/(n-1) \right] \left[\sum_{i=1}^n d_i^2 - (1/n) \left(\sum_{i=1}^n d_i \right)^2 \right] \right\}^{(1/2)}$$

[0084] 図10のグラフは、標準偏差Svolに対する体積メディアン直径D50__volと個数メディアン直径D50__popの比の特性を示すグラフであり、直径が相互に異なる3種類のトナーについて、それぞれの特性を示している。ここで、体積メディアン直径D50__vol及び個数メディアン直径D50__popが正確であれば、これらの比が1に近くなり、不正確になる程、これらの比が1から外れて行く。図10のグラフから明らかな様に、標準偏差Svolが15%以上になると、体積メディアン直径D50__volと個数メディアン直径D50__popの比が大きくなっていることから、体積メディアン直径D50__vol及び個数メディアン直径D50__popが不正確であると言える。

[0085] 従って、トナーの直径の分布がブロードであって、標準偏差Svolが15(%)以上である場合は、個数メディアン径、及び体積メディアン径等の誤差が大きくなり、トナーの個数平均直径Dtav__pop(μm)又は平均体積直径Dtav__vol(μm)を用いるこ

とが有効になる。

[0086] 尚、樹脂や着色剤等を溶融混練後、粉碎、分級するという粉碎法により製造されたトナーである場合は、トナーの直径の分布がブロードであることから、実際のトナーの平均直径に対する個数メディアン径及び体積メディアン径の誤差が大きく、実際のトナーの平均直径に対するトナーの個数平均直径 $D_{tav_pop}(\mu m)$ 又はトナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}(\mu m)$ の誤差が小さい。このため、トナーの個数平均直径 $D_{tav_pop}(\mu m)$ 又は平均体積直径 $D_{tav_vol}(\mu m)$ を用いることがより有効になる。

[0087] また、トナーの顔料濃度が5(%)以上である場合は、顔料濃度が5(%)未満と比較すると、トナーの付着量が同じであっても、カブリが顕著になるので、本実施例が有効になる。

[0088] 次に、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ を収めるべき規定の範囲を設定するための式として、上記式(2)よりも簡単なものを導出する。

[0089] 図11のグラフは、平均体積直径 D_{tav_vol} が8.5(μm)、5.5(μm)、4.8(μm)、4.3(μm)という4種類のトナー別に、磁性体キャリアの平均体積直径 D_{cav_vol} に対する適確なトナー濃度の上限値 $TD100\%$ の特性を示すグラフである。ここで、図11のグラフにおけるトナーの平均体積直径 $D_{tav_vol}=5.5(\mu m)$ の特性を選択し、この特性の近似式を求めると、次式(3)となる。

$$[0090] \quad TD \leq [5.1(D_{cav_vol})^{-1.17}] \times 100 \quad \dots (3)$$

そして、図11のグラフにおける4種類のトナーの特性をトナーの平均体積直径 D_{tav_vol} の1.2乗で除して正規化すると、適確なトナー濃度の上限値 $TD100\%$ の特性を図12のグラフに示す様に1つの曲線上に収束させることができ、次式(4)を導出することができる。

$$[0091] \quad TD / (D_{tav_vol})^{1.2} \leq [5.1(D_{cav_vol})^{-1.17} / 5.5^{1.2}] \times 100 \quad \dots (4)$$

上記式(2)よりも簡単な上記式(3)もしくは(4)に基づいて、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ を収めるべき規定の範囲を設定しても良い。

[0092] また、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ を収めるべき規定の範囲を設定するための式として、上記式(1)よりも簡単なものを導出することもできる。

[0093] この場合も、トナーの個数平均直径 $D_{tav_pop}=5.5(\mu m)$ とすると、次式の近

似式が得られる。

$$[0094] \quad TD \leq [5.1(Dtav_pop)^{-1.17}] \times 100 \quad \dots (A)$$

そして、トナーのトナーの個数平均直径 $Dtav_pop$ の1.2乗で除して正規化すると、次式を導出することができる。

$$[0095] \quad TD / (Dtav_pop)^{1.2} \leq [5.1(Dcav_pop)^{-1.17} / 5.51.2] \times 100 \quad \dots (B)$$

上記式(1)よりも簡単な上記式(A)もしくは(B)に基づいて、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ を収めるべき規定の範囲を設定しても良い。

[0096] 尚、本発明は、上記実施例に限定されるものではなく、多様に変形することができる。例えば、図1とは異なる構成の現像装置にも、本発明を適用することができる。また、磁性体キャリアの直径及びトナーの直径の一例を示しているに過ぎず、それらの直径を変更しても、本発明を適用することができる。

産業上の利用可能性

[0097] 本発明は、2成分現像剤のキャリアに対するトナーの被服率を適正範囲にし、トナー濃度を常に適格に制御することが可能な現像方法及び現像装置であり、画質向上に有効である。

請求の範囲

- [1] 磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しつつ、現像剤のトナー濃度TD(%)を測定し、測定されたトナー濃度TD(%)の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する現像方法において、

磁性体キャリアの個数平均直径をDcav_pop(μm)とし、トナーの個数平均直径をDtav_pop(μm)とし、磁性体キャリア比重をγ_cとし、トナー比重をγ_tとすると、測定されたトナー濃度TD(%)が次式(1)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給することを特徴とする現像方法。

$$TD \leq \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100 \quad \dots (1)$$

$$\text{但し、} V_t = (\pi / 6) \cdot (Dtav_pop)^3$$

$$S_c = \pi \cdot (Dcav_pop + Dtav_pop)^2$$

$$N_t = S_c / [(3^{0.5} / 2) \cdot (Dtav_pop)^2] / 2$$

$$V_c = (\pi / 6) \cdot (Dcav_pop)^3$$

- [2] 磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しつつ、現像剤のトナー濃度TD(%)を測定し、測定されたトナー濃度TD(%)の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する現像方法において、

磁性体キャリアの平均体積直径をDcav_vol(μm)とし、トナーの平均体積直径をDtav_vol(μm)とし、磁性体キャリア比重をγ_cとし、トナー比重をγ_tとすると、測定されたトナー濃度TD(%)が次式(2)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給することを特徴とする現像方法。

$$TD \leq \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100 \quad \dots (2)$$

$$\text{但し、} V_t = (\pi / 6) \cdot (Dtav_vol)^3$$

$$S_c = \pi \cdot (Dcav_vol + Dtav_vol)^2$$

$$N_t = S_c / [(3^{0.5} / 2) \cdot (Dtav_vol)^2] / 2$$

$$V_c = (\pi / 6) \cdot (Dcav_vol)^3$$

- [3] 磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しつつ、現像剤のトナー濃度TD(%)を測定し、測定されたトナー濃度TD(%)の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する現像方法において、

磁性体キャリアの平均体積直径を $D_{cav_vol}(\mu m)$ とし、トナーの平均体積直径を $5.5(\mu m)$ とすると、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ が次式(3)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給することを特徴とする現像方法。

$$TD \leq [5.1(D_{cav_vol})^{-1.17}] \times 100 \quad \dots (3)$$

- [4] 磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しつつ、現像剤のトナー濃度 $TD(\%)$ を測定し、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する現像方法において、

磁性体キャリアの平均体積直径を $D_{cav_vol}(\mu m)$ とし、トナーの平均体積直径を $D_{tav_vol}(\mu m)$ とすると、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ が次式(4)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給することを特徴とする現像方法。

$$TD / (D_{tav_vol})^{1.2} \leq [5.1(D_{cav_vol})^{-1.17} / 5.51.2] \times 100 \quad \dots (4)$$

- [5] トナーは、粉砕法により製造されたトナーであることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の現像方法。
- [6] トナーの直径分布の標準偏差 σ が15(%)以上であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の現像方法。
- [7] トナーの顔料濃度が5(%)以上であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の現像方法。
- [8] 磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しており、現像剤のトナー濃度 $TD(\%)$ を測定する検出手段と、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する補給手段とを備える現像装置において、

補給手段は、磁性体キャリアの個数平均直径を $D_{cav_pop}(\mu m)$ とし、トナーの個数平均直径を $D_{tav_pop}(\mu m)$ とし、磁性体キャリア比重を γ_c とし、トナー比重を γ_t とすると、測定されたトナー濃度 $TD(\%)$ が次式(1)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給することを特徴とする現像装置。

$$TD \leq \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100 \quad \dots (1)$$

$$\text{但し、} V_t = (\pi / 6) \cdot (D_{tav_pop})^3$$

$$S_c = \pi \cdot (D_{cav_pop} + D_{tav_pop})^2$$

$$N_t = S_c / [(3^{0.5} / 2) \cdot (D_{tav_pop})^2] / 2$$

$$V_c = (\pi / 6) \cdot (D_{cav_pop})^3$$

- [9] 磁性体キャリアとトナーを混合した現像剤を攪拌し、現像剤中のトナーを供給しており、現像剤のトナー濃度TD(%)を測定する検出手段と、測定されたトナー濃度TD(%)の低下に応じて、トナーを現像剤に補給する補給手段とを備える現像装置において、

補給手段は、磁性体キャリアの平均体積直径を D_{cav_vol} (μm)とし、トナーの平均体積直径を D_{tav_vol} (μm)とし、磁性体キャリア比重を γ_c とし、トナー比重を γ_t とすると、測定されたトナー濃度TD(%)が次式(2)により規定される範囲に収まる様にトナーを現像剤に補給することを特徴とする現像装置。

$$TD \leq \{ \gamma_t \cdot V_t / N_t / (\gamma_c \cdot V_c) \} \times 100 \quad \dots (2)$$

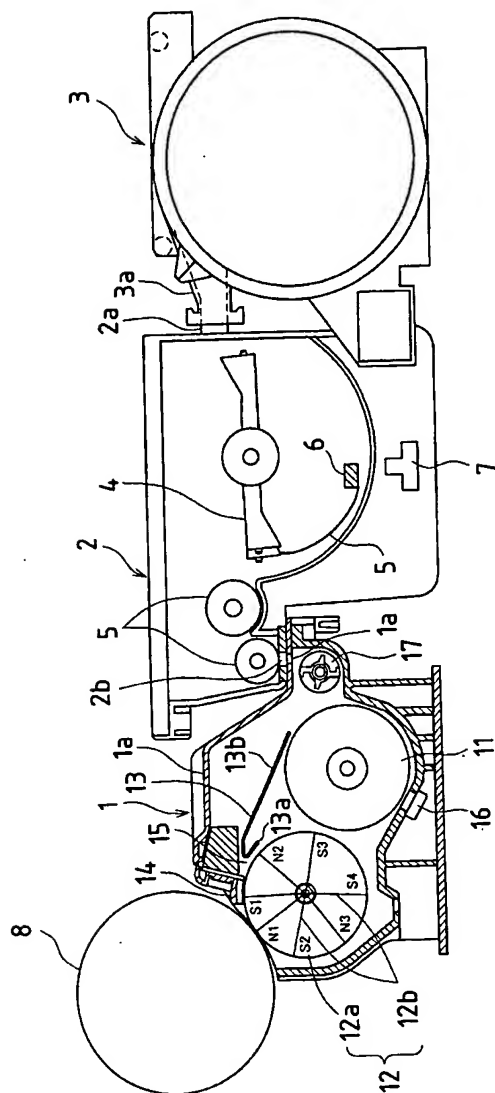
$$\text{但し、} V_t = (\pi / 6) \cdot (D_{tav_vol})^3$$

$$S_c = \pi \cdot (D_{cav_vol} + D_{tav_vol})^2$$

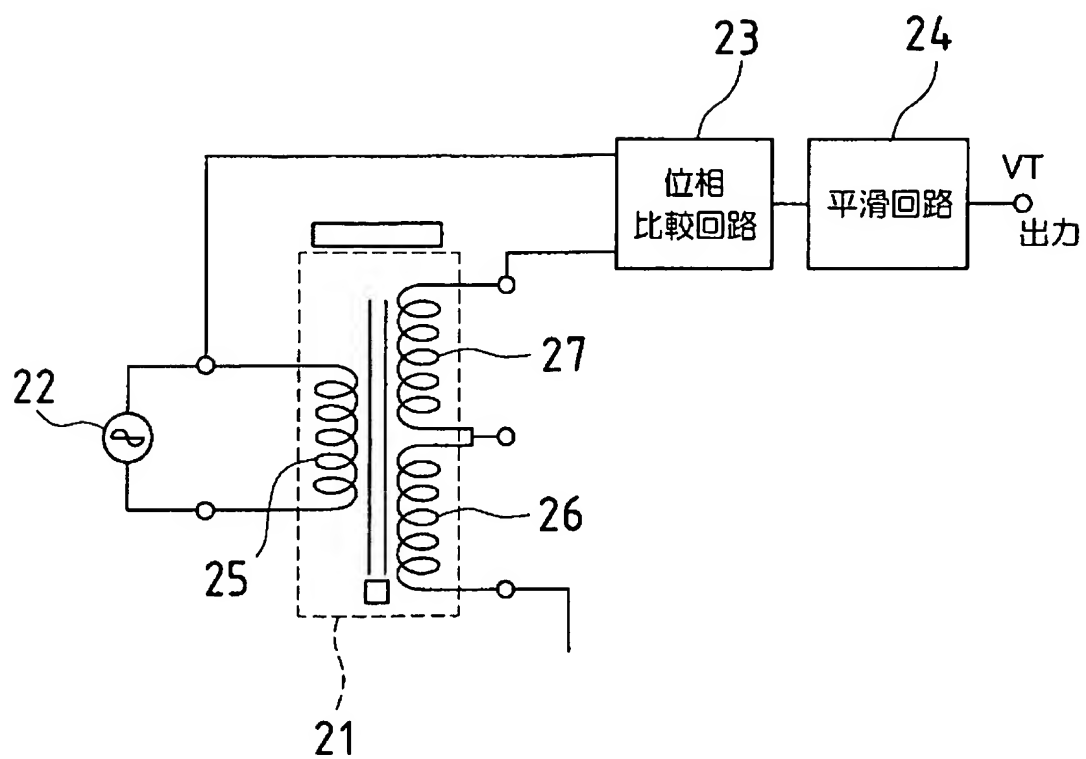
$$N_t = S_c / [(3^{0.5} / 2) \cdot (D_{tav_vol})^2] / 2$$

$$V_c = (\pi / 6) \cdot (D_{cav_vol})^3$$

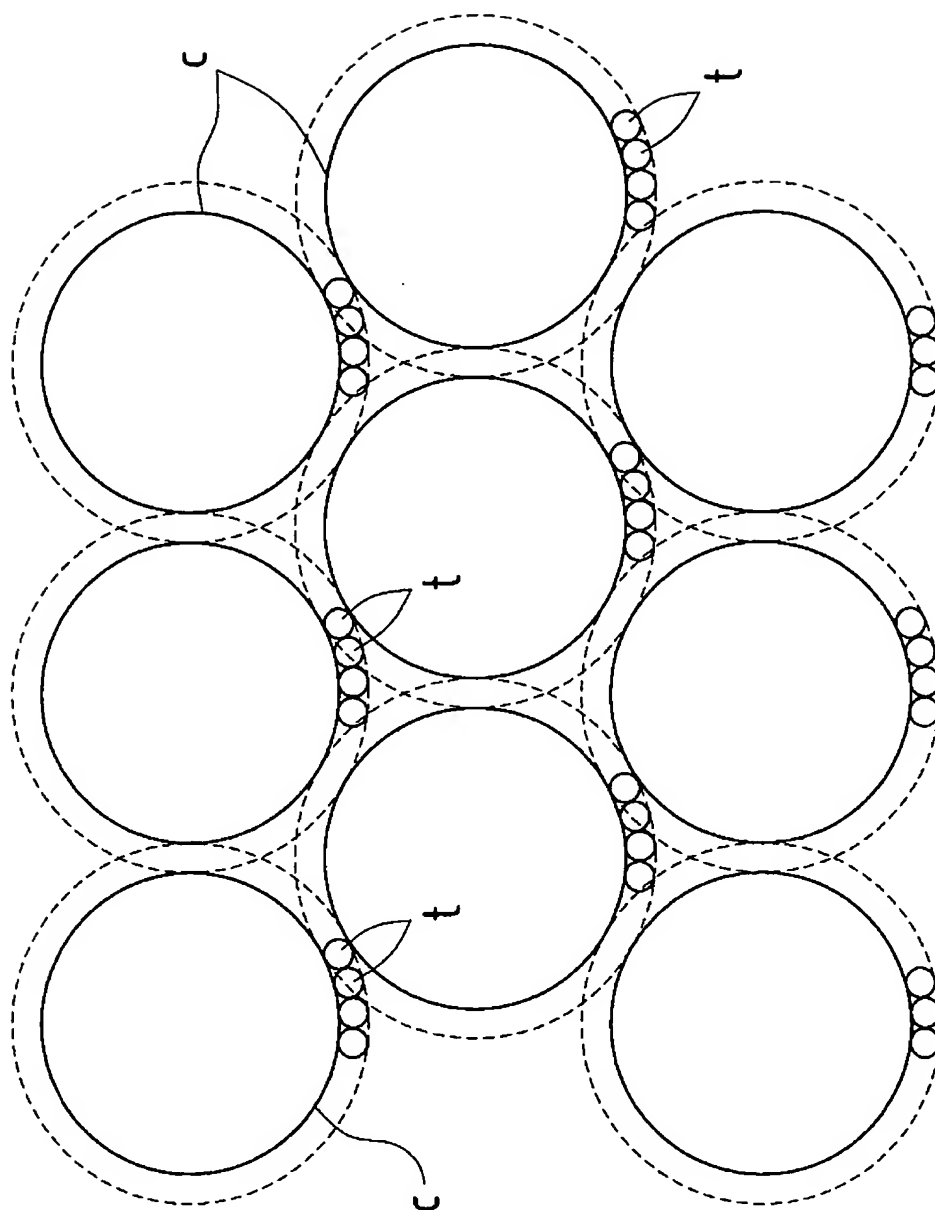
[図1]



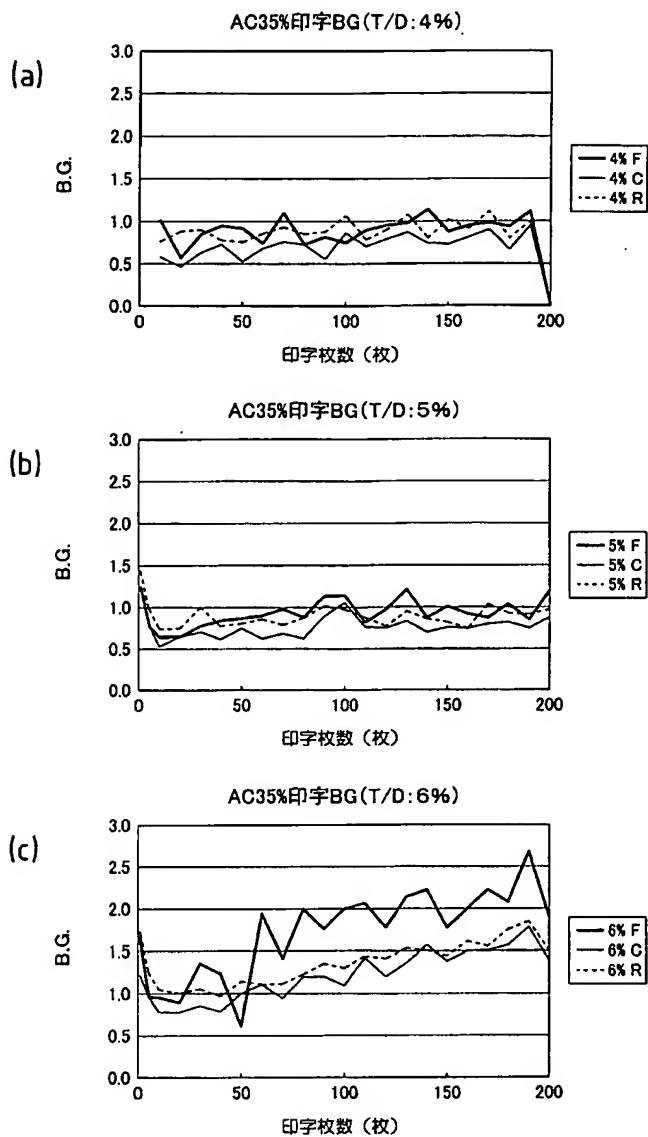
[図2]



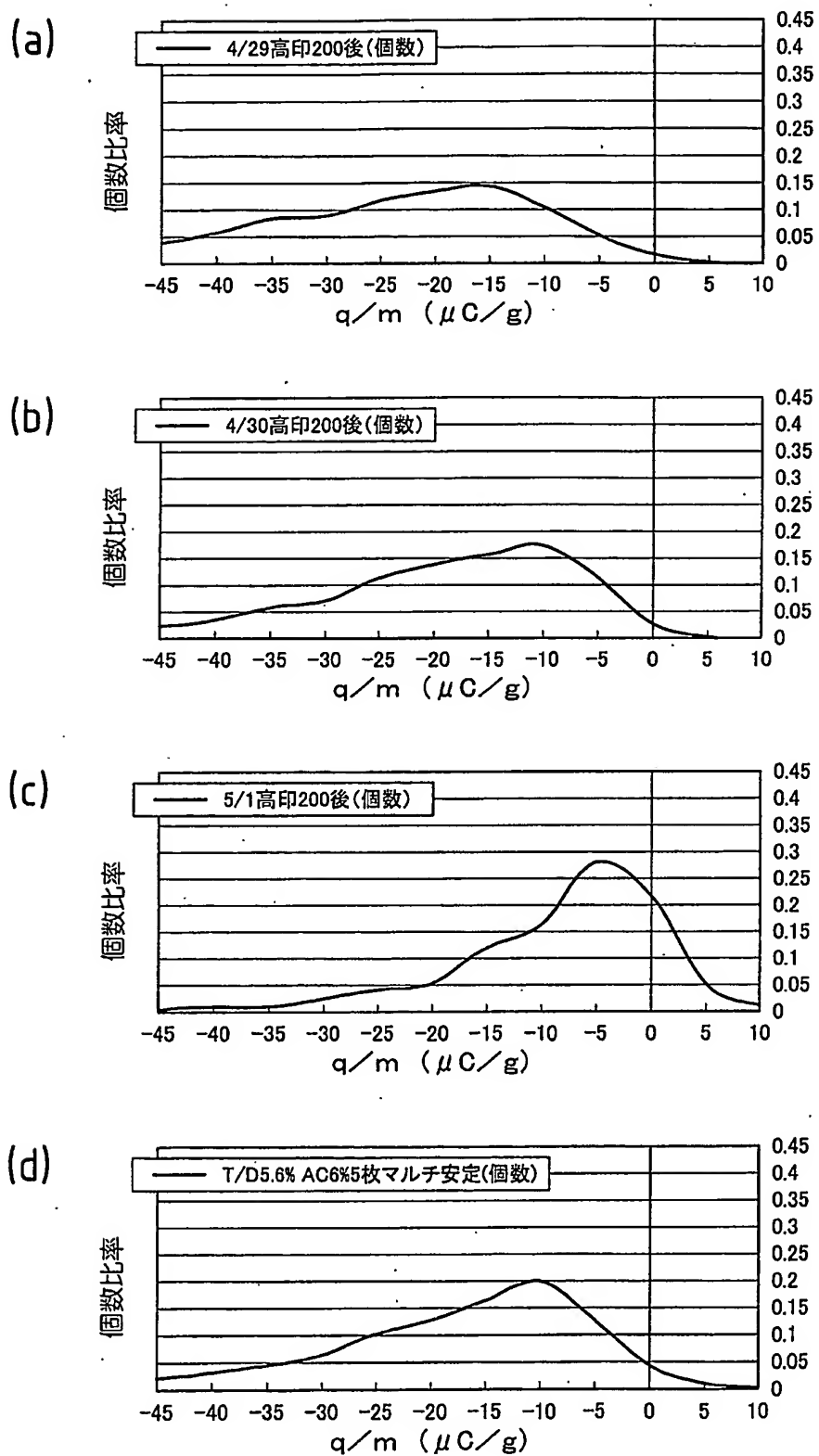
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

| | 実測値 | | |
|------|-------|-------|-------|
| TD | かぶりBG | ID bk | 余剰トナー |
| 4.0% | 0.84 | 1.29 | 0.0% |
| 5.0% | 0.87 | — | 0.0% |
| 5.6% | 0.94 | 1.4 | 0.0% |
| 6.0% | 1.42 | — | 0.4% |

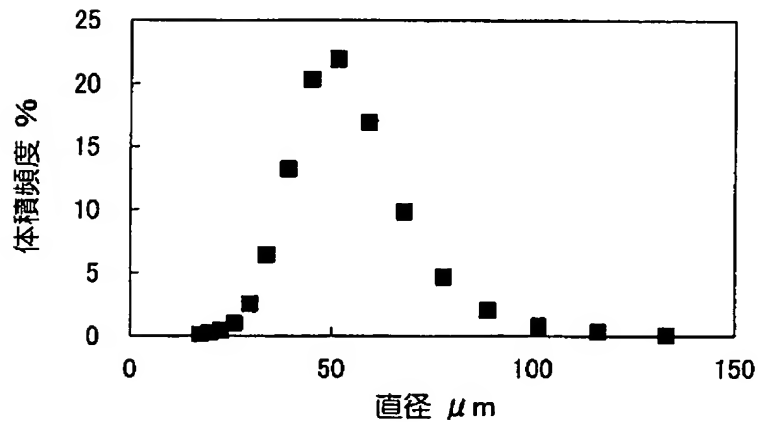
[図7]

| | | TD | | | |
|----------|------|----------|----------|----------|----------|
| | | Dt50_voL | Dtav_voL | Dtav_pop | Dt50_pop |
| | | 6.71 | 5.52 | 4.81 | 4.41 |
| Dc50_pop | 39.7 | 8.39% | 6.55% | 5.53% | 4.99% |
| Dcav_pop | 42.0 | 7.78% | 6.09% | 5.15% | 4.65% |
| Dcav_voL | 45.1 | 7.11% | 5.58% | 4.73% | 4.27% |
| Dc50_voL | 48.1 | 6.56% | 5.58% | 4.38% | 3.97% |

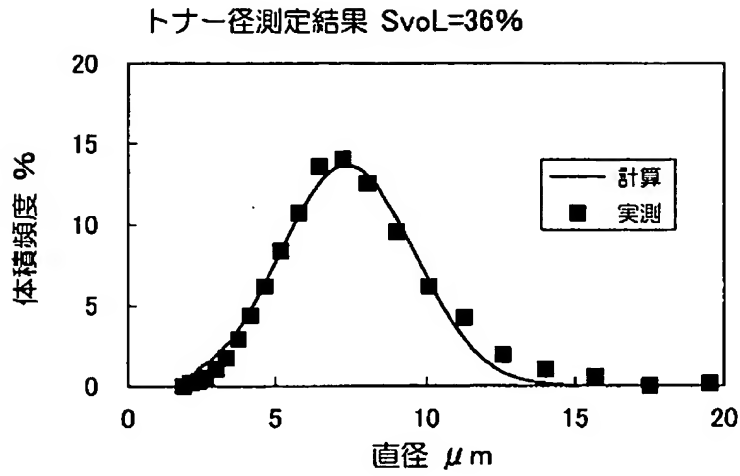
径の単位は μm

[図8]

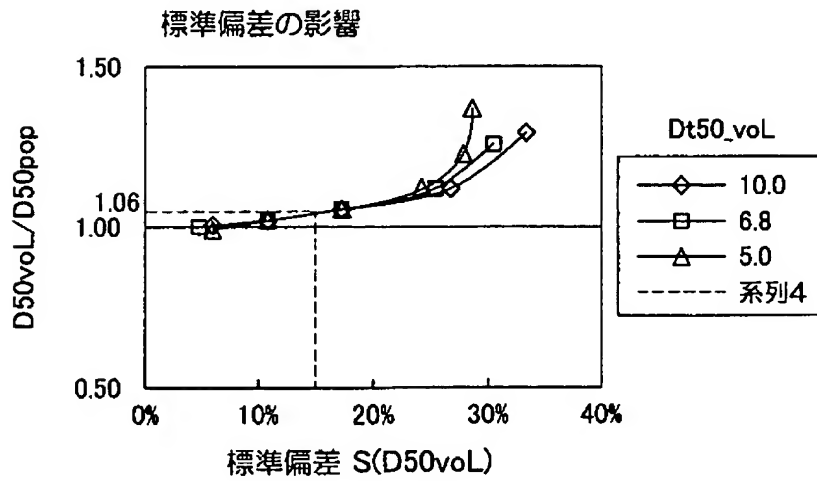
キャリア粒子径測定結果



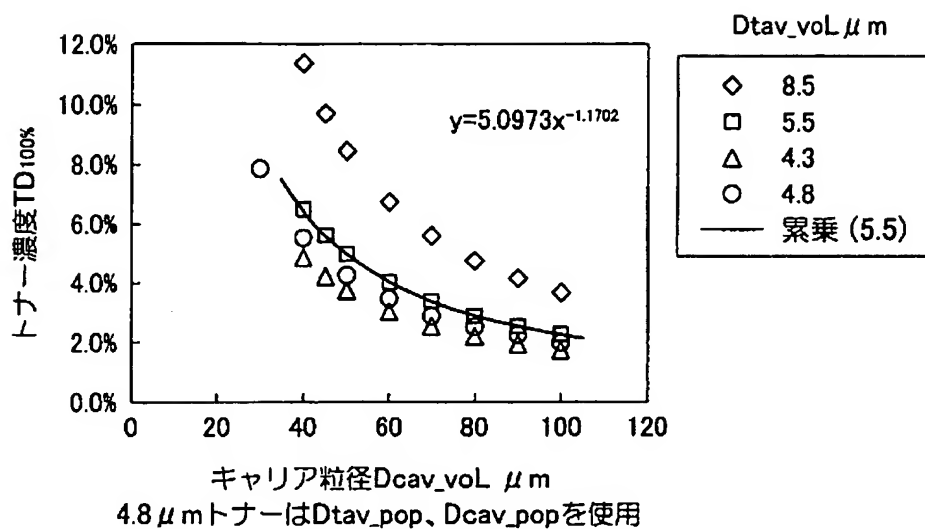
[図9]



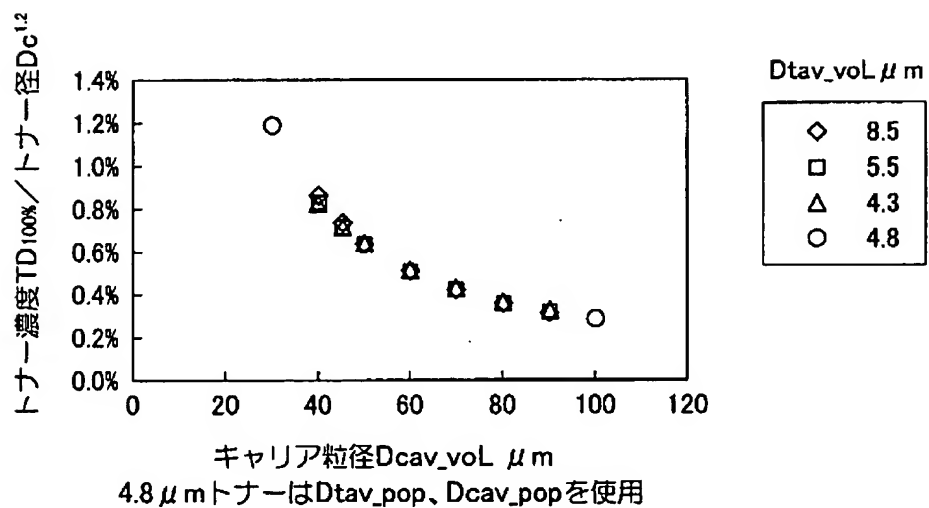
[図10]



[図11]



[図12]



[図13]

